

## STEM 教育の展開可能性に関する研究（３）

研究代表者 丸山 恭司（教育学講座）  
研究分担者 渡辺 健次（技術・情報教育学講座）  
影山 和也（数学教育学講座）  
三好 美織（自然システム教育学講座）  
研究協力者 吉原 和明（科学文化教育学専攻）

### I 研究の背景と目的

今日、世界各国において、「STEM（Science, Technology, Engineering, and Mathematics）教育」の総称のもと、科学教育、技術教育、工学教育、数学教育を統合して推進する動きが加速しており、その研究と実践が行われるようになってきている。日本でも、大学をはじめとして、様々なレベルで具体的な取り組みが見られるようになってきている。また、次期学習指導要領改訂に向けた答申においても、その文言が取り上げられるに至っている。

本研究グループでは、このような状況を鑑み、これまで2年間にわたって、STEM 教育の展開可能性を探る調査研究を行ってきた。その中で、STEM 教育は、「現実世界の探究」による教育および学習を実現しようとするものであり、今後の教育を考えていく上での学的革新性や教育実践上の可能性を秘めていること、STEM 教育を推進していくにあたり、広島大学大学院教育学研究科は、各段階の学校との連携体制が既にあり、カリキュラム、教育方法、教師教育に関する研究開発に向けた組織を形成しうる等、その核となりうること、などを明らかにしてきた。これらの成果は、共同研究プロジェクト報告書などを通じ、対外的にも認知されつつある。

本年度は、これまでの研究を踏まえ、STEM 教育に関係する教科教育学の各分野である数学教育、技術・情報教育を中心に、STEM 教育への先駆的提言的研究として取りまとめ、2016 年 10 月に北京師範大学で開催された国際研究大会 STEM2016 において世界に発信することを試みる。また、国内外の STEM 教育関係研究者と交流を図り、今後の本研究科における STEM 教育研究の発展に向けた検討を行うこととした。

（丸山恭司\*）

### II 国際研究大会 STEM2016

今回、研究成果を発信する場とした国際研究大会 STEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics in Education Conference）は、2010 年から 2 年ごとに開催されてきた。運営の中心は、オーストラリアのクインズランド工科大学、カナダのブリティッシュコロンビア大学、中国の北京師範大学の 3 大学が担っている。第 4 回となる STEM2016 では、コラボレーション・パートナーとして、オーストラリアのシドニー大学、カナダのカルガリー大学、中国の東北師範大学及び西南大学が加わる形となった。プログラム委員会には、この他に、台湾、アメリカ、カナダ、ドイツなどの大学研究者等が関わっている。

以下に STEM2016 の大会概要を示す。

○第4回 中国・北京師範大学 (BNU)

- ・日 時 2016年10月26日(水)～28日(金)(3日間)
- ・テーマ 「インフォーマルとフォーマルのSTEM教育をつなぐ」
- ・発表件数 基調講演4件, 発表68件(論文45, ポスター12, ワークショップ11)
- ・大会日程

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
10月26日	受付	開会式	基調講演1	休憩	セッション1	昼食	基調講演2	セッション2	ポスター発表 セッション3			懇親会	
10月27日		受付	基調講演3	休憩	セッション4	昼食	セッション5	休憩	セッション6				
10月28日		受付	基調講演4	セッション7	休憩	閉会式	昼食						
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00

・基調講演

1. Dr. Marcia C. Linn : カリフォルニア大学バークレー校 (アメリカ)  
「STEM の教授と学習を改善するためのテクノロジーの進歩の活用」
2. Dr. Qian Fu : 北京師範大学 (中国)  
「ものづくり教育のためのオープンソフトウェアの開発と適用に関する研究」
3. Dr. Shirley Simon : ロンドン大学教育研究所 (イギリス)  
「STEM を選択するか否か : STEM で若者に人生の選択を促すもの」
4. Dr. Maija Aksela : ヘルシンキ大学 (フィンランド)  
「数学, 科学, テクノロジーの教育を促進するフィンランドの LUMA モデル」

基調講演では, 各国の研究者から今後のSTEM教育研究に資する様々な提案がなされた。

アメリカの Dr. Linn 氏は, 自身が中心となって 1990 年代から研究を進めてきた, 科学を学ぶための Web ベースの統合的学習環境を構築するプロジェクトである, WISE (Web-based Inquiry Science Environment) の紹介を行った。そして, WISE の知見が STEM の教授, 学習の活動をより動機付け, 効果的にする可能性について言及した。

中国の Dr. Fu 氏は, 開発したプログラミングのためのオープンソフトウェア “Mixly” の概要と, それを活用した中国国内での実践の様子及び効果について述べた。

イギリスの Dr. Simon 氏は, 生徒の進路選択に関わる要素の分析を踏まえ, STEM 分野の進路へ生徒の興味・関心を引きつけていくための具体的な方策として, イギリス国内における化学教育を中心とする実践, 及びヨーロッパでの取り組み (MultiCo) を提示した。

Dr. Aksela 氏は, フィンランドで 1996 年から実施されている, 3～19 歳の青少年と教師 (養成段階を含む) に対する数学, 科学, テクノロジーの教育を促進する取り組みである, LUMA モデルとその具体について報告した。LUMA モデルは, STEM と呼ばれるものと全く同じなのではない, との指摘があった。

それぞれの講演内容は, 科学教育, 情報教育, 化学教育など, 講演者の背景となる研究領域を中心とするものであった。

一方, 一般研究発表は, 研究論文・実践論文発表 (20 分ないし 15 分), ワークショップ

(60 分)、ポスター発表 (80 分) の枠組みで実施された。発表内容には、STEM に関わる科学教育、数学教育、技術教育や情報教育の教育実践、STEM における教育工学、教師教育と STEM、STEM に関わる国際比較研究、STEM の教育理念と理論、STEM カリキュラムの理論と開発、博物館教育と STEM、などが見られた。発表者は、大学教員等の研究者や大学院生が多く、博物館関係者や STEM 教育に関心のある企業や団体等の関係者も含まれていた。発表者の所属機関の所在地は、カナダ、オーストラリア、中国が大半を占めており、その他に、アメリカ、日本、韓国、台湾、ケニアなども見られた。

大会の様子を以下の図 1 に示す。



図 1 STEM2016 の様子



基調講演や研究発表の内容の概観から、STEM 教育そのものについての捉えがあいまいであること、STEM 教育が冠されているものの各教科・領域の枠内に留まる研究が多く見られること、各教科・領域と STEM 教育そのものとの関係性が明らかではないこと、などの課題が見受けられた。つまり、STEM 教育そのものについてどのように考えるのか、既存の教科と STEM 教育をどのように関係付けるのか、などを検討していくことが今後の研究課題となりうるといえる。

(三好美織\*)

### Ⅲ STEM 教育への先駆的定言的研究の成果と課題

#### 1. 数学教育

STEM 教育は近年、国際的に認知されるようになってきた。それは科学、技術、工学、数学の単なる寄せ集めではなく、なぜ STEM なのか、どのような教育的意義がありうるのかについて考えられてきている。そこで、世界的な動向を築きつつあるけれども、だからこそ人の認識や教育の状況性に鑑みて、各国や地域ならではのローカルな STEM 教育がなされなければ、十分な成果は挙げられない。実際、STEM 教育の重要性は各々の国々の事情に密着する形で述べられている（たとえば国家の気運を高めるために、またこれらの領域に興味を持たせるために）。そこで、日本で STEM 教育を展開するならばどのような哲学的、思想的基盤を持たねばならないかについて考察することを目的とした。

結論として、世界に対して問いかけ、事象を連続的にモデル化することによる問題解決活動が重要であること、そして日本には伝統的に物づくり（making things）の文化があるのであり、かつ諸分野を総合的に扱うこと自体が学校教育の中ですでに行われてきているため、これを主軸として今後の STEM 教育を展開することを主張した。

前者については、たとえば科学や数学はそれ自身が探究される対象であると同時に、探究のための道具でもあることに注目している。ある原理や法則、信頼できる知識体系を確立し獲得したならば、それは世界やそこで起こる事象のモデルにもなっている。ある視点を据えることによって複雑さを軽減し単純化していこうとする態度は、これからの社会において欠かせない態度である。

後者は、科学や数学においては抽象的な原理や法則、知識体系を作り出そうとすること、技術や工学はこれらの知見を生かしつつも具体的な人工物を作り出そうとすること、いずれにおいても人工的に何かを生み出すという点で一貫していることに注目している。当然のことながら、作られる物によって役に立つ知識や技能、組み立てのための論理は異なってくる。特に、STEM の 4 領域を個別に扱うのではなく総合的にひとまとまりの知識体系を作ろうとすることは、一つ目のことと関連して、さまざまな問題解決のための方法を得るという点で意義がある。

単なる体験をそれとして終わらせるのではなく、次に役立つ経験、教訓に変えていくことに STEM 教育の主眼がある。個々の領域の理解の深さという点で危惧されることもあるが、知識や技術をいかにして総合し体系化していくかという点で、具体的な指導過程や教材の開発は今後の課題となる。

(影山和也\*)

## 2. 技術・情報教育

STEM 分野では、理系分野に進む女性の育成も、重要な課題のひとつと位置付けている。広島大学においては、女子高校生を対象とした体験科学講座を平成 20 年度から継続して開催している。STEM2016 において発表した論文“A STEM Experiment to Establish Female High School Students as “RIKE-JYO”” は、平成 26 年度女子高生向け体験科学講座（主催：広島大学男女共同参画推進室）で実践したコース「LED で電気と光を体験しよう」についてまとめたものである。当日は女子高校生 8 名がコースに参加した。

10 月 26 日（火）の午後のセッションで吉原が行った発表では、まず研究の背景、特に“リケジョ”に関する文部科学省の取り組みについて述べた後、本コースで取り組んだ二つの内容について報告した。一つ目はフルカラーLED の発光実験、二つ目が、LED マトリックスパネルを用いて電光掲示板を作成する実験である。

フルカラーLED の発光実験では、まずフルカラーLED が赤・緑・青の 3 色の単色 LED を組み合わせて白色の光を作り出す仕組みについて学んだ。フルカラーLED を構成する赤・緑・青のそれぞれの LED の光量が異なるため、電流を調整して明るさをそろえる必要がある。そのため、オームの法則を用いて適切な電流量となるように抵抗値を計算して LED の光量を揃えることで、フルカラーLED を白色の光で光らせることができた。

LED マトリックスパネルを用いた電光掲示板作成実験では、カラー画像をパソコンで作成して、画像ファイルをインターネットにつながった LED パネルに送信することで電光掲示板を作成することができた。

コース後に行ったアンケートから、これまで学んできた理科の法則が技術の世界で活用できることを知り、理系分野への興味が増したことなどが示された。

STEM が掲げるキーワードの中の“科学”，“技術”，および“女性”について取りあげた本研究発表は、多くの参加者に好意的に受け入れられた。発表後の質疑応答の中では、このような取り組みは一度だけのイベントではなく、継続して行うことが重要である、などのコメントをいただいた。また、セッション後にも、多くの参加者から個別に質問があった。

（渡辺健次\*・吉原和明\*）

## IV 今後の展望

国内外における STEM 教育の研究と実践を管見する限り、その実態は、背景となる教科の範囲内の研究に留まり、領域ごとの縦割りで行われている感が否めない。今後の日本における STEM 教育を構想していくためには、日本の文脈に根ざした STEM 教育のコンセプトを確立し、STEM 教育と各教科・領域との関係を捉えることのできる、カリキュラム体系作りの基盤となる STEM 教育の理論構築が必要となる。

ところで、日本には教科教育研究の伝統がある。学校教育においては、諸学問をもとに内容の体系づくりを進め、場合によっては内容をひとまとまりのものとして新たな教科名を冠し、現在の教科構成に至っている。例えば、物理学、化学、生物学、地球科学などの科学各領域を基盤とする理科教育、代数学、幾何学、解析学、統計学などの数学各領域を基盤とする数学教育、材料と加工技術、エネルギー変換技術、情報・システム・制御技術、生物育成技術を対象とする技術教育、などがそれである。各教科の教科教育学研究は、教科の存在そのものを問い続けてきており、学問の各領域を束ね、教科としての成立を支え

る理論や思想についての知見を有している。この知見を活かし STEM 教育について検討することで、例えば STEM 教育に関わる科学、技術、工学、数学の各領域を束ねる原理や、STEM 教育と各教科・領域との関係性、STEM 教育そのものについての捉えなど、STEM 教育に関わる理論の構築を行うことができるであろう。

世界の STEM 教育研究においてその理論的基盤が発展途上にある中、このような研究を取りまとめ成果を発信していくことは、日本の教科教育学研究の蓄積が STEM 教育研究の発展に貢献可能であることを示すとともに、STEM 教育研究に新たなパースペクティブをもたらすことにつながると考えられる。

(三好美織\*)

## 引用文献

中央教育審議会（2016）「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」

草原和博ほか（2016）「現代的な諸課題に応える教育活動の研究・開発に関する共同研究」，『広島大学大学院教育学研究科共同研究プロジェクト報告書』，14 巻，p.16.

丸山恭司ほか（2015）「STEM 教育の展開可能性に関する研究」，『広島大学大学院教育学研究科共同研究プロジェクト報告書』，13 巻，pp.23-30.

LUMA Centre Finland, <http://www.luma.fi/en/>

STEM2016 Conference, <http://stem.bnu.edu.cn/>

WISE web-based inquiry science environment, <https://wise.berkeley.edu/>